

## APRES UN SIECLE DE FERTILISATION MINERALE, OU EN SOMMES-NOUS ?

*par F. Chastellain*

A divers égards, on peut craindre que l'homme moderne, et en particulier l'homme de science, ne joue dans le monde le rôle de l'apprenti sorcier. Et comme la Chimie est une science dont le domaine de recherches et d'applications est extrêmement vaste et varié, c'est à elle entre autres disciplines que cette crainte doit s'adresser. Aussi longtemps qu'il ne s'agit que des choses inertes, de notre confort surtout, une telle préoccupation peut paraître exagérée. Il en va autrement dès qu'on touche au domaine biologique si fortement proche de celui de la Chimie. Ce n'est pas impunément que l'on touche à l'équilibre biologique, interne et externe, des plantes et des animaux qu'elles abritent ou auxquels elles servent de pâture. Une loi, d'une très grande généralité, celle d'action et de réaction, se retrouve d'une manière inéluctable même lorsqu'on ne peut en donner une expression mathématique, autrement dit : la nature offensée se défend et ses moyens de riposte ne doivent pas être sous-estimés.

Mais il peut aussi être question de l'aider dans son rôle de pourvoyeuse de nos besoins, et cela tout particulièrement dans la quête des aliments qui nous sont nécessaires. C'est une préoccupation bien ancienne, puisqu'elle date de l'époque reculée où de chasseur nomade l'homme s'est transformé en cultivateur sédentaire. Au cours des âges il a reconnu l'importance et la valeur de la fumure à l'engrais de ferme, la nécessité de laisser reposer le sol en jachère et de procéder à une rotation des cultures. Il ne pouvait alors être question de faire appel aux ressources de la Chimie, puisque cette science n'est apparue que bien tardivement, après un long et difficile enfantement. Il n'y a guère plus de 100 ans que LIEBIG, en 1856, après avoir reconnu qu'il est indispensable de restituer au sol les substances minérales prélevées par les récoltes — ce dont d'autres chercheurs s'étaient avant lui

convaincus, à commencer par Bernard PALISSY et plus tard notre célèbre compatriote Horace Bénédicte de SAUSSURE — a proposé de traiter les os par l'acide sulfurique pour en solubiliser le phosphore et raviver la fertilité des terres cultivées. Il en est résulté une industrie chimique importante, celle des superphosphates, qui s'appuie sur celle plus importante encore de l'acide sulfurique, dérivé du soufre et des minerais sulfurés.

La reconnaissance et l'exploitation de gisements de sels de potassium, chlorure et sulfate, à STASSFURT, en Allemagne, d'abord, puis en ALSACE et enfin dans de nombreux pays, a permis de restituer au sol un autre élément fertilisant indispensable.

Il est enfin rassurant de constater que les craintes émises à la fin du siècle dernier quant à une pénurie toujours croissante de l'élément essentiel aux cultures qu'est l'azote, présent à raison de 80 % dans l'atmosphère, mais d'une inertie réactionnelle qui lui a valu son nom (a zoé, je n'entretiens pas la vie), se sont rapidement dissipées lorsque — il y a un demi-siècle, vers 1905-1906 — après avoir trouvé le moyen de le séparer de l'oxygène par liquéfaction de l'air et distillation, on a pu le fixer et le transformer en substances convenant à la fertilisation. Parmi les premières entreprises fixatrices de l'azote atmosphérique, il faut citer en VALAIS — et seules en SUISSE pendant des années — celles de la S.A. pour l'Industrie de l'Aluminium, à CHIPPIS, qui utilisa jusqu'en 1929 le procédé de préparation de l'acide nitrique par passage de l'air dans l'arc électrique, et de la Société des Produits Azotés, à MARTIGNY, qui lie l'azote au carbure de calcium en formant la cyanamide calcique. Ces deux usines, mises en route en 1907, ont été suivies en 1915 par une deuxième fabrique de cyanamide montée à GAMPEL par la LONZA, laquelle a depuis 1930 installé à VIEGE la synthèse de l'ammoniac à partir de ses éléments, azote et hydrogène, et en tire l'acide nitrique et les nitrates qui font la réputation de ses engrais.

Phosphore, Potassium, Azote, chacun de ces éléments fertilisants est à la base d'importantes industries chimiques, rassemblées bien souvent sous un même toit pour la préparation des engrais dits complets ou complexes. Mais, la plante a besoin de beaucoup d'autres éléments. Ceux qui sont dits majeurs, c'est-à-dire qui servent à construire les tissus végétaux et à permettre à la photosynthèse de donner l'essor à la production des substances de base : sucres ou glucides, graisses ou lipides, albumines ou protides, sont — outre les trois précités — le soufre, le calcium et le magnésium, à côté du carbone et de l'hydro-

gène et de l'oxygène mis en jeu par la photosynthèse à partir du gaz carbonique de l'atmosphère et de l'eau. La tendance soutenue à la préparation d'engrais complets à hauts titres en N, P et K détermine un appauvrissement concomitant en S et Ca, éléments indispensables eux aussi et qui se trouvaient avec les premiers à l'état de sels de calcium (superphosphates) et de sulfates (de calcium, d'ammonium et de potassium) lorsqu'on se contentait de produits moins exclusivement synthétiques. Il faudra à l'avenir prendre garde à leur présence en suffisance, en qualité et en quantité, dans les sols de culture, comme on le fait déjà pour le magnésium. Les besoins, pour la ration d'entretien et de restitution des sols agricoles, en sont de l'ordre du quintal (100 kg) par hectare.

À côté de ces éléments majeurs, la plante a besoin en quantités beaucoup plus faibles, de l'ordre du kg à l'ha, d'un certain nombre d'éléments dits mineurs ou oligo-éléments : le fer, le bore, le cuivre, le zinc, le manganèse, le molybdène. Ils entrent dans la composition de catalyseurs, les enzymes, réglant la marche des processus vitaux. Enfin, soit pour ses besoins personnels, soit davantage peut-être pour ceux des animaux, qui directement ou indirectement puisent leur nourriture dans le règne végétal, la plante prélève dans le sol des quantités minimales — de l'ordre du gramme par hectare — d'un grand nombre d'éléments. Il suffit de citer l'arsenic, l'iode, le cobalt — dont on sait qu'il constitue l'élément actif de la vitamine B<sub>12</sub> — et le sélénium. Il arrive, quoique très rarement encore, que certains sols soient absolument dépourvus de l'un ou l'autre de ces éléments et qu'il faille se préoccuper de les leur fournir.

Il y a là tout un grand domaine où la Chimie trouve de nombreuses et très importantes applications, tant par rapport au sol que par rapport aux cultures, et par suite à l'alimentation de l'homme et des animaux domestiques. Le simple fait que l'on parle d'engrais chimiques en opposition aux engrais naturels de la ferme fait exprimer à certains des jugements de valeur dénués de tout fondement critique et l'on a vu et voit encore d'honnêtes gens, sans nul doute bien intentionnés, déclarer dangereux pour la santé humaine les produits des cultures traitées aux engrais artificiels.

Cette intervention, considérable, de la Chimie dans la nature est-elle vraiment d'essence à entraîner des craintes motivées ? Si même certaines de ces craintes trouvaient une justification partielle, devrait-on renoncer à l'emploi des engrais chimiques ? Ces questions

mont à la base d'un débat dont il nous a paru qu'il valait la peine de le résumer, sans entrer dans des développements trop difficiles à suivre.

Nous l'avons dit plus haut, il y a un siècle que l'industrie des engrais chimiques a débuté à la suite des travaux de LIEBIG. Il y a un demi-siècle que l'industrie particulière des dérivés de l'azote nous a délivrés des craintes exprimées par les économistes de la fin du siècle dernier. Les rendements des cultures se sont accrus dans une proportion très importante ; avant l'emploi généralisé des engrais artificiels, les récoltes de blé ne dépassaient pas 8 à 10 quintaux à l'hectare. Aujourd'hui, on atteint couramment 40 quintaux et dans des cas extrêmes 60 quintaux de grain. On pourrait citer des chiffres aussi impressionnants pour d'autres cultures : betterave sucrière, pomme de terre, fourrages, légumes. Sans doute l'accroissement n'est-il pas dû uniquement à l'emploi des fertilisants minéraux : on admet qu'il leur est dû pour une moitié, l'autre moitié étant le résultat d'une meilleure préparation du sol, d'une part, et de la sélection des semences, d'autre part.

Beaucoup de travaux, consciencieux et approfondis, ont été faits pour déterminer si la qualité des récoltes ainsi accrues était abaissée. On a par exemple nourri des volailles avec le grain et les légumes récoltés sur des terrains jamais fertilisés par les engrais chimiques et sur d'autres terrains au contraire fortement fumés par eux ; on a pris la précaution de nourrir des œufs et de la viande de ces volailles des rats et d'examiner la santé et la prospérité de ceux-ci, jusque dans leur postérité. Le bilan de ces recherches est indubitablement favorable à la fertilisation minérale, sous certaines réserves cependant, mais qui n'infirment pas le jugement de valeur ainsi obtenu. Il faut bien entendu que les fertilisants minéraux aient une composition équilibrée, c'est-à-dire que chacun des éléments indispensables aux besoins de la plante s'y trouve en quantité et en proportion convenables. Il n'en va pas différemment dans l'alimentation de l'homme : nous devons avoir des rations convenablement équilibrées en glucides, lipides et protides, et dans chacune de ces catégories un minimum de certaines substances particulières, telle la lysine parmi les amino-acides protéiques ou tels divers acides gras non-saturés parmi les lipides. Mais l'intérêt économique de la fumure réside déjà dans cet équilibre, ce que traduit la loi dite du minimum : la récolte est réglée, quantitativement, par l'élément fertilisant se trouvant en plus faible quantité en égard aux besoins de la plante.

Si sous le rapport de la qualité les récoltes obtenues après fertilisation aux engrais chimiques n'apparaissent pas comme inférieures à

celles obtenues sans eux, si même elles sont généralement supérieures, cela ne veut pas dire que nous n'ayons plus rien à souhaiter. Bien au contraire, nous nous trouvons devant un domaine encore bien mal exploré, où il faut dans le détail rechercher la qualité optimum, par exemple davantage de vitamines dans les produits alimentaires végétaux, plus de sels de calcium, une meilleure proportion de lysine dans les protides, et tant d'autres questions se posent dont les réponses ne se font pas encore entrevoir !

Nous pouvons donc dire, d'une manière générale et tout en faisant quelques réserves de détail, que la fertilisation aux engrais chimiques est un moyen indispensable de la culture moderne et que tout en étant le facteur principal des hauts rendements de récoltes elle n'influe pas désavantageusement sur la qualité de celles-ci. C'est une affirmation qui n'est pas faite à la légère et qui répond clairement aux deux questions que nous nous sommes posés plus haut. Cependant de nouveaux problèmes apparaissent, en particulier celui-ci : peut-on par la fertilisation bien conduite enlever tout souci à nos contemporains et à nos successeurs quant à leurs besoins alimentaires ?

Cette nouvelle question, qu'il faut examiner à l'échelle mondiale, a déjà préoccupé beaucoup d'économistes et parmi les plus distingués. Sans doute, il n'y a pas, pour une période assez longue, de préoccupations à envisager quant aux possibilités d'approvisionnement en matières premières nécessaires à la préparation des engrais minéraux. Il y a dans le monde de très grands gisements de phosphates, il y en a d'autres nombreux et importants de sels de potassium, l'azote est en quantités illimitées dans l'atmosphère, le soufre, le calcium, le magnésium ne manqueront pas non plus ; pas de souci également quant aux ressources en oligo-éléments. L'industrie des engrais chimiques a donc devant elle de beaux jours et une longue ère de prospérité, ce d'autant plus que, exception faite pour la synthèse des dérivés azotés, elle n'est pas une très grande consommatrice d'énergie.

Mais jusqu'à quel point pourra-t-elle contribuer à assurer la couverture des besoins alimentaires d'une population toujours croissante ? A l'unité de surface, la récolte ne pourra pas être accrue indéfiniment. On touche déjà le rendement économique maximum dans bien des exploitations rationnellement conduites. La loi de non-proportionnalité des effets par rapport aux causes, qui est elle aussi une grande loi universelle, valable dans de nombreux domaines, s'oppose à une augmentation continue des rendements par l'application de doses toujours plus considérables de fertilisants. Cette loi, en des termes moins

abstraits, veut simplement dire ceci : supposons que nous ayons pu déterminer qu'une culture donnée, sur un sol bien connu, avec des conditions climatiques favorables, est susceptible de produire une récolte maximum de, mettons, 100 quintaux de grain à l'hectare. En appliquant à cette culture une dose de 1 tonne d'engrais chimiques, nous avons obtenu 50 quintaux de grain. Si nous doublons la dose, l'augmentation de récolte ne peut être que de la moitié de ce qu'il reste à obtenir pour atteindre le rendement maximum, soit 25 quintaux. Une nouvelle dose égale d'engrais minéraux ne nous donnera à nouveau que la moitié du manquant, c'est-à-dire 12,5 quintaux et ainsi de suite. A une application considérable de fertilisant ne correspondra plus, assez vite, qu'une faible augmentation de récolte, c'est-à-dire que l'opération est économiquement ruineuse et probablement fâcheuse quant au maintien de l'intégrité des qualités productives du sol.

Et puis, la fameuse loi du minimum dont nous avons parlé ne régit pas seulement les effets des seuls engrais minéraux : elle joue rigoureusement son rôle quant aux besoins en eau de la plante, qui sont très importants, et aussi à l'égard du carbone dont l'atmosphère ne renferme plus aujourd'hui qu'une faible quantité, environ 0,1 pour mille à l'état de gaz carbonique. Pour produire 1 kg. de matière sèche, la plante a besoin de 5 à 600 litres d'eau et davantage (luzerne 840 l, riz 680 l, blé 550 l). Or, si la mer recouvre les trois-quarts de la superficie du globe d'une épaisse couche d'eau, les quantités d'eau souterraine et pluviale disponibles ne sont pas illimitées : l'évaluation la plus optimiste (1 million de millions de m<sup>3</sup>) ne représente guère que le millionième de la totalité des eaux. Répartie d'une manière uniforme sur les terres émergées, cela ferait encore une belle couche d'eau, près de deux mètres. Mais cette évaluation est certainement très optimiste, d'une part, tandis que, d'autre part, la répartition des pluies et des eaux souterraines est extrêmement variable sur la Terre. L'eau sera donc bien souvent un facteur limitant des récoltes, ce que nous tenons de vieille expérience sans l'exprimer toujours en termes savants !

Un pasteur anglais, féru d'économie, Thomas Robert MALTHUS, qui a vécu à moitié sur le XVIII<sup>e</sup> siècle et sur le XIX<sup>e</sup> siècle (1766-1834), a exprimé une proposition simple qui a fait couler beaucoup d'encre et a souvent été déformée par de virulents polémistes. MALTHUS disait simplement que la population du globe tendant à s'accroître beaucoup plus rapidement que les ressources alimentaires, l'une en proportion géométrique, les autres en proportion arithmétique, il arriverait fatalement, si l'on n'y prenait garde, que les ressources

devenues insuffisantes entraînent la sous-alimentation et la misère dans de vastes populations.

La découverte de la fertilisation minérale (ou chimique), l'effort industriel fait pour produire toujours davantage de ces engrais, à des conditions de plus en plus avantageuses, sous des formes plus efficaces, l'immense somme d'expérimentations rassemblée en moins d'un siècle par les agronomes — donc l'utilisation toujours meilleure des connaissances de base de la culture des plantes —, les rendements de plus en plus élevés obtenus, tout cela a fait sourire des vues pessimistes de MALTHUS.

Mais qu'en est-il au juste aujourd'hui ? Sans doute, dans nos heureuses contrées, les soucis de surproduction et de placement des excédents de récoltes sont-ils beaucoup plus quotidiens que ceux d'une misère trop lointaine et difficilement imaginable. Mais sur l'ensemble du globe il en va autrement.

Alors que l'Empire romain ne renfermait guère plus de 50 millions d'habitants, les mêmes territoires en contiennent aujourd'hui plus de trois cents. La population mondiale a doublé depuis 1860, elle est évaluée aujourd'hui à 2 700 millions d'habitants ; elle devrait — si rien ne s'oppose efficacement à son accroissement continu au même taux — atteindre 5 milliards en l'an 2000 et 11 milliards aux environs de 2 050. Les prévisions sont toujours dépassées par les faits ; l'ONU en 1945 pensait que l'Afrique, alors peuplée de 156 millions d'habitants en aurait 220 en 1970, mais ce chiffre est déjà atteint ; l'Amérique du Nord, que l'on pensait devoir contenir 172 millions d'habitants en 1970, en a déjà 180 et selon toute probabilité en renfermera 210 en 1970.

Le taux moyen d'accroissement annuel, qui au XVIII<sup>e</sup> siècle n'était que de 0,3 %, a passé à 0,5% au XIX<sup>e</sup> siècle et est actuellement de 1,7 %, ce qui correspond à une augmentation de la population du globe de 50 millions d'habitants par an. Ce taux est plus élevé en Amérique du Sud : 2,5 %, en Afrique du Nord : aussi 2,5 %, en Chine : de même 2,5 %, tandis que pendant de longues périodes les épidémies et les famines l'y réduisaient à la valeur extrêmement modeste de 0,1 %. En Europe, il est en moyenne de 0,6 à 0,7 %.

Dans l'ensemble, il y a un déficit de la production d'aliments par rapport aux besoins. De 2 % en 1913, pour 1 760 millions d'habitants, il a passé à 8 % en 1939 pour 2 000 millions et à 10 % en 1955 pour 2 711 millions. Les statistiques montrent que la sous-alimentation, chronique sur une partie du globe, s'est aggravée depuis 20 ans : par habitant, les ressources alimentaires ont baissé en moyenne de 3 % en Océanie,

de 8 % aux Indes et en Extrême-Orient, de 9 % en Europe, de 17 % aux Etats-Unis. Pour l'Europe, en tonnage global elles ont même augmenté de 27 %.

Les économistes se sont penchés sur ce problème angoissant : peut-on pallier à la raréfaction déjà amorcée des produits alimentaires en tenant compte de l'augmentation probable de la population mondiale ? Il a paru en Suisse, il y a deux ans, un fort volume intitulé « Humanité et subsistances », dû à André GUERRIN. L'auteur y examine la question sous divers angles en se basant sur des statistiques et sur des supputations qui semblent bien rendre un compte fidèle de la situation. Il n'est pas dans notre propos d'en faire ici le résumé, il suffit d'en donner les conclusions.

Disons donc que GUERRIN commence par faire une estimation serrée des ressources alimentaires actuelles, et qu'il détermine les déficits par rapport aux besoins normaux d'un individu, ce qui établit que si la situation est presque satisfaisante pour les glucides (sucres), elle l'est moins pour les protides (albumines) et ne l'est pas du tout (déficit du tiers des besoins minimum) pour les lipides (corps gras). Il manque la moitié du fer nécessaire et les  $\frac{4}{5}$  du calcium. Quant aux vitamines, grande en est la pénurie dans nos aliments.

Quelles sont les possibilités d'accroissement des récoltes ? Notre auteur rappelle que les terres émergées ont une surface de 13,4 G ha (G = giga, désigne 1 milliard d'unités), dont près de la moitié sont constitués par des déserts (1,1), de hautes montagnes (1,0), des toundras (1,0), des sols entièrement latéritiques (0,3) ou entièrement latéritiques (1,0), divers terrains non cultivables (0,9) et des surfaces bâties ou indisponibles pour la culture (0,05). Les cultures et les prairies ou pâturages recouvrent 3,86 G ha, les forêts 3,64. Les cultures proprement dites n'utilisent que 1,3 G ha, soit le dixième des terres émergées. Au dire de l'auteur, il est possible d'augmenter de 66 % les surfaces cultivées (40 % en Asie, 68 % en Europe, 108 % en Afrique) et de produire 52 % de plus de matières alimentaires (33 en Asie, 52 en Europe, 87 en Afrique). Diverses mesures d'amélioration des cultures, de restriction des gaspillages et de diminution des pertes, d'augmentation de la pêche aussi, permettraient une amélioration sensible des disponibilités, mais il s'y oppose malheureusement les pertes en sol cultivable par érosion, par dégradation, par épuisement, voire par développement de l'urbanisation, si bien que le doublement théoriquement possible des ressources se réduit à un accroissement probable de 65 % seulement.



Si l'augmentation de la population se poursuivait au même taux qu'actuellement, nous nous trouverions devant une grave difficulté, beaucoup plus grave indubitablement que celle du défaut de disponibilités en énergie qui a fait couler beaucoup plus d'encre et entraîné d'énormes dépenses faites en vue d'y pallier par l'énergie nucléaire de fission ou de fusion, alors même que nous disposons avec l'énergie solaire d'une réserve pratiquement illimitée. Avant de penser aux futurs besoins industriels en énergie, il faut ou il faudrait s'assurer que la carence en matières alimentaires pourra être surmontée, pour ne pas rendre problématique l'activité à venir des secteurs secondaire (ouvriers de transformation des matières premières et tertiaire (administration, commerce et banque) de l'économie.

Si l'on s'en préoccupe moins, ou plus exactement d'une façon moins insistante et moins voyante, nous ne voulons pas dire qu'on délaisse entièrement le grave problème, le problème fondamental, primordial, de la production des denrées alimentaires au bénéfice unique de celui, sans aucun doute très important lui aussi, des ressources en énergie. Il y a dans le monde un très grand nombre de chercheurs qui se sont attaqués à divers aspects de cette question, aidés efficacement aujourd'hui par de nouvelles méthodes d'examen et de recherches, en particulier par l'emploi des éléments traceurs, dont pour beaucoup nous sommes redevables aux appareils opérant la fission nucléaire (piles atomiques). Parallèlement, les méthodes chromatographiques, qui permettent de séparer, d'identifier et de doser très exactement d'infimes quantités de substances chimiques, font avancer rapidement nos connaissances des qualités et réactions des sols et des processus du développement de végétaux. Une mission de spécialistes envoyée aux Etats-Unis par l'OECE a établi récemment deux rapports très complets et fort intéressants sur les recherches qui s'y poursuivent dans un grand nombre de directions.

Parmi les travaux basés sur les éléments traceurs, radioactifs ou isotopes rares, citons brièvement ceux qui nous permettent de mieux comprendre l'évolution des composés phosphorés dans le sol et dans la plante, grâce au  $P^{32}$  radioactif, dont la période est de 14 jours, et ceux qui nous renseignent, bien imparfaitement encore, par l'emploi du carbone 14 radioactif, de période 5 700 ans, sur la manière dont le carbone du gaz carbonique est fixé par la plante dans la photosynthèse, pour ensuite participer à la formation de toutes les innombrables substances organiques créées par les plantes.

Seule une très faible proportion de l'énergie solaire atteignant la Terre (moins de 1 %) est utilisée par les végétaux à la photosynthèse et par suite à la production des substances où nous trouvons nos aliments. Il est donc probable que l'on trouvera de nombreux et nouveaux moyens d'intensifier, de compléter ou de remplacer les méthodes culturales actuelles, voire même de produire synthétiquement en dehors de la plante une partie des produits alimentaires dont nous avons besoin. Mais la tâche est difficile et son accomplissement sera long, ce qu'illustre la simple constatation que si une plante des plus ordinaires comme la betterave peut produire facilement et en quantités énormes le sucre dont nous faisons un si grand emploi, les chimistes ne sont arrivés à le synthétiser qu'au prix de longs efforts et par des méthodes pratiquement inapplicables à une fabrication industrielle (c'est au CANADA qu'une première synthèse en a été faite il y a deux ans seulement par deux chercheurs, dont l'un est Suisse).

Il n'y a donc pas lieu de désespérer, l'ingéniosité de l'homme lui permettra sans doute de suppléer aux déficiences alimentaires envisagées, à la condition toutefois que l'on soit bien pénétré de l'urgence et de l'importance des recherches à faire et que l'on ne trouve pas de prétextes pour utiliser à d'autres fins les sommes considérables qu'il faudra bien engager pour atteindre ce but. Il sera toujours plus louable d'aider l'humanité à vivre convenablement que de risquer de la faire disparaître tout entière en voulant à tout prix — et quel prix ! — jouer le rôle de l'apprenti sorcier.

### BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE :

1. Il existe un grand nombre de manuels et d'ouvrages traitant de la fumure des plantes cultivées ; si l'on désire approfondir ses connaissances, nous recommandons les « Principes d'agronomie » d'Albert DEMOLON, vol. I : « La dynamique du sol », vol. II : Croissance des végétaux cultivés (Dunod, Paris). Les fabricants de superphosphate, unis dans l'ISMA, les producteurs de sels de potasse, entre autres, éditent et publient régulièrement des revues et des bulletins d'informations, généralement intéressants et bien rédigés.
2. Une mise au point de l'état actuel de cette question se trouve dans : « Un siècle de succès dans le domaine de la fertilisation », rapports présentés au 3e Congrès mondial des fertilisants, Heidelberg 1958 (Sauerländer, Francfort).
3. L'ouvrage d'André GUERRIN : « Humanité et subsistances », a été publié en 1957 aux Editions du Griffon, à Neuchâtel (Bibliothèque scientifique, No 30).
4. L'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture a publié « L'utilisation rationnelle des engrais (2e éd., Rome 1959), où se trouvent rassemblés nombre de résultats puisés dans les périodiques spécialisés.

5. On peut recommander aussi l'ouvrage de Henri RICHARD, « Productivité de la terre » (Flammarion, Paris, 1959).
6. Les rapports de la mission envoyée aux Etats-Unis par l'O.E.C.E. portent le titre : « Applications of Atomic Science in Agriculture and Food », publication No 396, 1er volume février 1958, 2e volume mars 1959 (OECE, Paris).

*Note finale :*

Nous nous sommes intentionnellement abstenu d'évoquer les autres aspects : économique, social, politique, de la grave question que nous avons examinée sous l'angle technique uniquement. M. SEN, directeur général de la FAO l'a définie : « le plus grand problème du siècle, auprès duquel la plupart de ceux qui absorbent aujourd'hui notre attention et notre énergie apparaissent négligeables et temporaires ». Si les  $\frac{1}{5}$  de l'humanité sont sous-alimentés, il faut que les mieux nantis prennent conscience de cette situation dramatique. La FAO prévoit pour 1963 une campagne mondiale contre la sous-nutrition ; d'ici là on connaîtra les résultats de l'enquête approfondie qui va être faite sur l'alimentation humaine à l'échelle mondiale. Souhaitons qu'il en résulte un plan efficace de lutte contre le fléau de la faim.

---